

University of Groningen

A study of HI in S0 galaxies

Driel, Willem van

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1987

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Driel, W. V. (1987). A study of HI in S0 galaxies. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

1. Sterrenstelsels

Als men kijkt hoe het heelal op grote schaal is opgebouwd, dan merkt men dat het universum voor het allergrootste deel donker is, met hier en daar een lichtgevend sterrenstelsel. Zo'n sterrenstelsel bevat ongeveer 10^{12} (duizend miljard) sterren, met ijl gas en stof tussen de sterren in. In de jaren '20 werd het duidelijk dat ook wij ons ergens in een buitengebied van zo'n sterrenstelsel (de Melkweg genaamd) bevinden, ver verwijderd van andere melkwegstelsels. In die tijd begon men systematisch sterrenstelsels te fotograferen en ze aan de hand van hun vorm in verschillende klassen onder te verdelen.

Sommige stelsels noemt men spiraalstelsels. Figuren 1 en 2 (uit The Hubble Atlas of Galaxies) tonen voorbeelden van dit soort stelsels. Een spiraalstelsel heeft de vorm van een sterk afgeplatte schijf (als een grammofoonplaat). In Figuur 1 kijken we boven op de schijf, waarin duidelijk de zgn. spiraalarmen te zien zijn. In deze armen vinden we jonge, heldere, blauwe sterren temidden van de koele gas- en stofwolken waarin sterren gevormd worden. Dit donkere stof is vooral goed te zien in spiraalstelsels die we op hun kant waarnemen (zie Figuur 2). Deze stelsels draaien rond hun centrum met snelheden van een paar honderd kilometer per seconde.

Andere stelsels noemt men elliptische sterrenstelsels (zie Figuur 3). Deze stelsels zijn veel minder afgeplat van vorm dan de spiraalstelsels en ze vertonen geen spiraalstructuur. Elliptische stelsels bevatten voornamelijk oude, rode sterren en we vinden nu geen gaswolken meer waarin nieuwe sterren gevormd worden. In tegenstelling tot de spiraalstelsels draaien deze stelsels niet snel rond; de sterren in elliptische stelsels bewegen meer kris-kras door elkaar.

2. De Hubble reeks

De Amerikaanse sterrenkundige E. Hubble maakte in de jaren 20 een systematische indeling van sterrenstelsels aan de hand van hun vorm op foto's. Deze zgn. 'Hubble reeks' wordt nog steeds gebruikt. Figuur 4 toont de verschillende typen stelsels volgens de indeling van Hubble. Links vindt

men de elliptische stelsels met schijnbare afplatting. De afplatting hoeft te zijn.

Rechts staan de spiraalstelsels. De bovenste tak (types Sa- en SBa-type stelsels) zijn hier tot in het detail te zien. De zgn. balkspiraalen (zo'n balkspiraal, waaruit de uiteinden van de Sa- en SBa-type stelsels zijn de stelsels als in de 'latere' typen 1 en 5.

3. Gas en stof tussen

Niet alle materie tussen de sterren is uitmaken van de zgn. interstellaire stof. De sterren worden gevormd omgekeerd verliezen stoffen buitenste gaslagen. Op een sterrenstelsel v. gevormd kunnen worden. zien, omdat het gas waterstofgas (dat ook radiostraling uitbrengt) radioteleskopen kan sterrenkundigen kortw ruimtelijke verdeling bewegingen van het kosmos te kunnen 'zien' heeft Westerborg (Drente), Toch is het scheiden waarnemingen in de 2

men de elliptische stelsels, aangeduid als E0 tot E7, al naar gelang de schijnbare afplatting van een stelsel (die natuurlijk niet de werkelijke afplatting hoeft te zijn).

Rechts staan de spiraalstelsels, die in twee takken gesplitst zijn. De bovenste tak (types Sa tot Sc) bevat de 'gewone' spiraalstelsels, die een spiraalstructuur vertonen zoals het stelsel in Figuur 1. De spiraalarmen zijn hier tot in het centrum van het stelsel te zien. De onderste tak zijn de zgn. balkspiraalen (types SBa tot SBc). Figuur 5 toont een voorbeeld van zo'n balkspiraal, waarin de spiraalarmen niet direkt uit de kern komen maar uit de uiteinden van een sigaarvormige structuur in het midden, de balk. De Sa- en SBa-type stelsels noemt men zgn. 'vroeg' type spiraalstelsels. In deze stelsel zijn de spiraalarmen niet zo sterk ontwikkeld (zie Figuur 6) als in de 'latere' type stelsels (geklasseerd als Sc en SBc), zie Figuur 1 en 5.

3. Gas en stof tussen de sterren

Niet alle materie in sterrenstelsels straalt zichtbaar licht uit, want tussen de sterren in bevindt zich o.a. koel gas en donker stof (die deel uitmaken van de zgn. interstellaire materie). Er bestaat een wisselwerking tussen het interstellaire gas en de sterren in sterrenstelsels. Immers, sterren worden gevormd uit grote samentrekkende gas- en stofwolken en omgekeerd verliezen sterren die aan het eind van hun leven zijn gekomen hun buitenste gaslagen. Op deze manier wordt de interstellaire gasvoorraad in een sterrenstelsel voortdurend aangevuld, waardoor er weer nieuwe sterren gevormd kunnen worden. Het meeste interstellaire gas kan men letterlijk niet zien, omdat het geen zichtbaar licht uitzendt. Het koele neutrale waterstofgas (dat ook wel als HI gas wordt aangeduid) zendt echter wel radiostraling uit bij een golflengte van 21 centimeter, die men m.b.v. radioteleskopen kan waarnemen. Deze belangrijke spektraallijn noemen sterrenkundigen kortweg 'de 21 centimeter lijn'. Zo kunnen we toch de ruimtelijke verdeling en, gebruik makend van het Doppler-effekt, de bewegingen van het koele waterstofgas in kaart brengen. Om voldoende detail te kunnen 'zien' heeft men echter grote radioteleskopen nodig, zoals die in Westerbork (Drente), met een effectieve doorsnede van enkele kilometers. Toch is het scheidend vermogen van deze grote radioteleskopen voor waarnemingen in de 21-cm lijn maar hoogstens een faktor vijf beter dan die

van het ongewapende oog in zichtbaar licht. Dit soort waarnemingen laat zien dat het koele waterstofgas in spiraalstelsels geconcentreerd is in de gebieden waar nu stervorming plaats vindt. In (bijna alle) elliptische stelsels vindt men geen interstellair HI gas (en ook geen stervorming).

4. De S0-type stelsels

In de Hubble reeks (Figuur 4) bevindt zich een klasse van sterrenstelsels tussen de elliptische- en de spiraalstelsels in, de zgn. S0-stelsels (spreek uit: es nul) die ook wel 'lensvormige' stelsels genoemd worden. Voorbeelden van S0-stelsels zijn te zien in Figuur 7 en 8. Zoals uit deze foto's blijkt, hebben S0 stelsels, net als spiraalstelsels, wel de vorm van een afgeplatte schijf, maar in die schijf zien we geen spiraalarmen of duidelijke stofbanen, net als in elliptische stelsels. In S0-stelsels vinden we voornamelijk oude, rode sterren en geen actieve stervorming meer. Ook onder de S0-stelsels vinden we stelsels met een balkstructuur in het centrum. Deze stelsels worden als SB0 aangeduid (zie Figuur 9). S0-achtige stelsels die een vage spiraalstructuur vertonen noemt men S0/a-stelsels, omdat ze in de Hubble reeks tussen de S0- en de Sa-stelsels in staan. Figuur 10 toont een voorbeeld van zo'n S0/a-stelsel.

Toen men in de jaren '60 systematisch met radioteleskopen naar de 21-cm spektraallijn van neutraal waterstofgas ging zoeken in andere sterrenstelsels, vond men geen koel HI gas in de S0-stelsels, wat men niet verwonderlijk vond omdat er blijkbaar nu geen stervorming meer plaatsvindt in deze stelsels. Echter, in de jaren 70, toen de radioteleskopen gevoeliger werden en er meer stelsels waren waargenomen, vond men dat een aantal (ongeveer 20%) van de S0 stelsels wel HI gas bevatten, soms een miljard zonsmassa's of meer (evenveel als een spiraalstelsel). Opmerkelijk is dat deze gas-rijke S0 stelsels er echter net zo uitzien als de meerderheid van de S0's, die geen gas bevatten: ze zijn net zo groot en rood en we vinden ze in dezelfde omgeving als de andere S0-stelsels. Aan de hand van foto's kan men dus niet zeggen welke S0's veel HI gas zullen bevatten, daarvoor heeft men een gevoelige radioteleskoop nodig. Blijkbaar bevat een aantal S0-stelsels (veel) HI gas, maar worden er (om de één of andere reden) geen sterren meer gevormd in deze stelsels. Dit i.t.t. de gas-rijke spiraalstelsels waarin nog steeds op grote schaal stervorming plaats vindt.

5. Het in dit proefs

De meeste radio met enkelvoudige waarnemingen laten deze telescopen zijn in een stelsel met synthese-radioteleskopen spiegels bestaat (i.e. van de dagelijkse grotere teleskoop na

Voor het onderzoek Westerbork Synthese Array (VLA) in de sta de verdeling en de S0-stelsels in kaart de evolutie van het ko te zien wat deze resu van (S0-type) sterren

In totaal is S0-achtige stelsels waarnemingen met ander om met een radio-syn stelsels zijn morfolo en 6 zijn S0/a-type waargenomen, om de o typen spiraalstelsels dat het gas in S0 bovendien twee paren onderzocht, waarvoor het spiraalstelsel na die achteraf geen S0- geen HI gas gedetekte

6. De resultaten

De resultaten va

5. Het in dit proefschrift beschreven onderzoek

De meeste radiowaarnemingen van HI gas in (S0-)stelsels zijn verricht met enkelvoudige radioteleskopen met diameters tot 300 meter toe. Deze waarnemingen laten zien of er gas aanwezig is in een sterrenstelsel, maar deze telescopen zijn te klein om er de gedetailleerde verdeling van het gas in een stelsel mee in kaart te brengen. Daarvoor heeft men een zgn. synthese-radioteleskoop nodig, die uit een groot aantal afzonderlijke spiegels bestaat (ieder met een diameter van zo'n 25 meter). Gebruikmakend van de dagelijkse draaiing van de aarde om haar as, kan men zo een veel grotere teleskoop nabootsen (met een diameter van enkele kilometers).

Voor het onderzoek dat in dit proefschrift beschreven is, werden de Westerbork Synthese Radio Teleskoop (WSRT) in Nederland en de Very Large Array (VLA) in de staat New Mexico, USA, gebruikt. Met deze telescopen zijn de verdeling en de bewegingen van het HI gas in een aantal gas-rijke S0-stelsels in kaart gebracht, met het doel om de oorsprong en verdere evolutie van het koele interstellaire gas in S0-stelsels te onderzoeken en te zien wat deze resultaten ons kunnen leren over de vormingsgeschiedenis van (S0-type) sterrenstelsels in het heelal.

In totaal is de verdeling en beweging van HI gas in een 21-tal S0 en S0-achtige stelsels in kaart gebracht. Van deze stelsels was al uit waarnemingen met andere radioteleskopen bekend dat ze genoeg HI gas bevatten om met een radio-syntheseteleskoop gedetekteerd te worden. 7 van deze stelsels zijn morfologisch pure S0-stelsels, 3 zijn vermoedelijk S0 stelsels en 6 zijn S0/a-type stelsels. Er zijn ook 3 Sa-type spiraalstelsels waargenomen, om de overgang van de HI eigenschappen van S0's naar de latere typen spiraalstelsels te kunnen bestuderen. Omdat er het vermoeden bestaat dat het gas in S0's ingevangen kan zijn vanaf een ander stelsel, zijn er bovendien twee paren van dicht bij elkaar staande S0- en spiraalstelsels onderzocht, waarvoor het vermoeden bestond dat er gas overgedragen wordt van het spiraalstelsel naar het S0-stelsel. Ook zijn er 4 stelsels waargenomen die achteraf geen S0-stelsels bleken te zijn maar spiraalstelsels, of waarin geen HI gas gedetekteerd werd met de telescopen in Westerbork.

6. De resultaten

De resultaten van de WSRT en VLA radiowaarnemingen van 24 S0, S0/a en

Sa-type stelsels zijn beschreven in Hoofdstuk 2 en 3. In de afzonderlijke artikelen waaruit Hoofdstuk 2 is opgebouwd worden een twaalfstal stelsels in detail besproken. Hoofdstuk 3 geeft een globaler overzicht van de resultaten voor alle stelsels en een vergelijking met de resultaten van soortgelijke waarnemingen van spiraalstelsels.

A. Verdeling van het HI gas

Het blijkt dat de verdeling van het HI gas in S0/a- en Sa-stelsels sterk lijkt op de verdeling die in latere type spiraalstelsels gevonden wordt, nl. een schijf van gas die iets groter is dan het zichtbare stelsel. De gemiddelde gasdichtheid is i.h.a. ongeveer konstant in het binnengebied van een het stelsel, maar neemt snel af naar buiten toe. De gasdichtheid in het binnengebied is echter wel ongeveer twee maal lager dan in latere type spiraalstelsels gevonden wordt. De balkstelsels, van type SB0 en SB0/a tot de latere typen balkspiraalen, vertonen een andere gasverdeling, met een (groot) gat in het midden rond de balk. Blijkbaar heeft de aanwezigheid van een balk iets te maken met het ontbreken van HI gas rond de balk.

De HI gasverdeling in S0-stelsels blijkt echter te verschillen van die in spiraalstelsels. In S0's bevindt zich het meeste gas buiten het zichtbare gedeelte in een grote ring of ring-achtige structuur, die we een buitenring noemen (zie Figuur 5 op blz. 41). In het zichtbare stelsel vinden we soms een binnenring van HI gas, zonder een bijbehorende ring van sterren (zie Figuur 5 op blz. 76 en Figuur 10a op blz. 274). Als we ook de bewegingen van het gas bestuderen dan blijken deze ringen in werkelijkheid cirkelvormig te zijn en in cirkelbanen rond het centrum van de stelsels te draaien. Ongeveer de helft van de HI buitenringen draait niet in hetzelfde vlak rond als de schijf van sterren, maar in een vlak dat 30° tot 55° geheld is t.o.v. die schijf. Daardoor heeft de HI gasring soms een andere schijnbare vorm dan het zichtbare stelsel, hoewel ze beide in feite cirkelvormig zijn (dit is goed te zien in de Figuur 5 op blz. 46). Ook in spiraalstelsels vindt men soms dat het buitenste gebied van de gasschijf omkrult en in een ander vlak ligt dan het binnengebied. De oorzaak van dit verschijnsel is nog niet duidelijk. Een aantal S0's vertonen ook zgn. polaire gas-ringen, die loodrecht staan op de sterrenschijf (zie Hoofdstuk 2.2 en 3). In deze polaire ringen worden vaak ook sterren waargenomen.

De dichtheid van het gas in S0 stelsels is nog lager dan in S0/a

stelsels. Echter, de gasverdeling is vergelijkbaar met de verdeling in uitgebreide gasschijven die van spiraalstelsels op andere manier verwijderd zijn.

B. Beweging van het HI gas

Zoals al genoemd is, vertonen spiraalstelsels, net als balkstelsels, een zogenaamde 'rotatiecurve' die het verloop van de snelheid met de afstand tot het centrum ongeveer even snel met de rotatiekromme, omdat de massa binnen een straal.

De rotatiekromme geeft de snelheid van een stelsel. Als de rotatiecurve zich de meeste massa zich bevindt verwacht men ook in een balkstelsel te zijn. Immers, de oppervlakte van een balk naar buiten toe (zie bijv. Figuur 10a) bij het centrum van een stelsel is veel groter dan dat dit niet het geval is voor een spiraalstelsel. De aanwezigheid van veel gas buiten het zichtbare gebied van een stelsel van het centrum. In de Figuur 5 op blz. 41 weet waaruit deze 'donkere halo' bestaat. De hoeveelheid materie in een stelsel heeft de donkere materie (de 'donkere halo') rond het centrum.

Slechts van een aantal stelsels zijn massamodellen gemaakt waarbij de donkere materie aangetoond is. Deze modellen worden. Van de overige stelsels zijn geen gegevens. Deze modellen zijn gebaseerd op de verschillende massamodellen.

stelsels. Echter, de gasdichtheid in de buitenringen van SO stelsels is vergelijkbaar met de dichtheid die in de buitengebieden van spiralen met uitgebreide gasschijven gevonden wordt. De gasverdeling in SO's lijkt dus op die van spiraalstelsels waarin het HI gas in het binnengebied op de één of andere manier verwijderd is.

B. Beweging van het HI gas

Zoals al genoemd blijkt het gas in SO stelsels, net als in de meeste spiraalstelsels, netjes in cirkelbanen te bewegen. Van een 14-tal stelsels hebben we een zogenaamde rotatiekromme bepaald voor het HI gas, d.w.z. het verloop van de snelheid waarmee het HI gas ronddraait (de rotatiesnelheid) met de afstand tot het centrum. In ieder stelsel blijkt het gas overal ongeveer even snel rond te draaien. Men spreekt dan van een 'vlakke' rotatiekromme, omdat de rotatiesnelheid konstant is als functie van de straal.

De rotatiekromme geeft ons informatie over de verdeling van de massa in een stelsel. Als de rotatiesnelheid naar buiten toe afneemt, dan bevindt zich de meeste massa in het centrum (net als in het zonnestelsel). Dat verwacht men ook in een sterrenstelsel als alle materie lichtgevend zou zijn. Immers, de oppervlaktehelderheid in een sterrenstelsel neemt snel af naar buiten toe (zie bijv. Figuur 7) en dus zal de meeste materie zich dicht bij het centrum van een stelsel bevinden. De waarnemingen laten echter zien dat dit niet het geval kan zijn. Als de rotatiesnelheid gelijk blijft tot ver buiten het zichtbare stelsel, zoals is waargenomen, dan duidt dit op de aanwezigheid van veel onzichtbare materie in een stelsel op grotere afstand van het centrum. In de laatste jaren is duidelijk geworden dat men nog niet weet waaruit deze 'donkere materie' bestaat, hoewel ze veruit de grootste hoeveelheid materie in het heelal lijkt te vertegenwoordigen. Vermoedelijk heeft de donkere materie in sterrenstelsels een vrij bolvormige verdeling (de 'donkere halo') rond de zichtbare, sterk afgeplatte schijf van sterren.

Slechts van een drietal SO- en Sa-stelsels konden gedetailleerde massamodellen gemaakt worden, waarmee de bijdragen van de lichtgevende en de donkere materie aan de massaverdeling in deze stelsels bestudeerd kunnen worden. Van de overige stelsels ontbreken de noodzakelijke optische gegevens. Deze modellen tonen ongeveer dezelfde globale eigenschappen voor de verschillende massakomponenten als vergelijkbare modellen voor

spiraalstelsels. Voor een groter aantal stelsels is een eenvoudiger massamodel gebruikt om de totale massa binnen een bepaalde straal te bepalen van alle S0- tot Sa-type stelsels en van een aantal (door anderen waargenomen) spiraalstelsels, waarmee we de resultaten voor de S0's en Sa's vergeleken hebben. Om een zinnige vergelijking te kunnen maken tussen de verschillende stelsels hebben we de totale massa afgeleid binnen bepaalde afstanden tot het centrum, geschaald naar de afmetingen van het zichtbare stelsel (d.w.z. tot een bepaalde oppervlaktehelderheid).

Deze massa hebben we vergeleken met de totale hoeveelheid licht dat een stelsel uitzendt, de zgn. lichtkracht. Deze massa-lichtkracht verhouding geeft ruwweg aan wat de massaverhouding van donkere- tot lichtgevende materie in een sterrenstelsel is. De S0 - Sa stelsels en de spiraalstelsels blijken dezelfde eigenschappen te vertonen, wat betreft hun massa-lichtkracht verhoudingen. Er zijn echter een aantal S0 stelsels met uitgebreide gasringen die een uitzonderlijk grote massa-lichtkracht verhouding hebben (3 tot 5 x meer dan de andere stelsels). Deze stelsels bevatten blijkbaar, in vergelijking met de andere stelsels, of relatief veel (donkere) materie of te weinig lichtgevende sterren.

7. Oorsprong en evolutie van HI gas in S0 stelsels

De belangrijkste vragen die zich voordoen bij het bestuderen van de eigenschappen van HI gas in S0-type sterrenstelsels zijn 1.) waarom bezitten de meeste S0's zo weinig interstellair gas en 2.) wat is de oorsprong van het gas in de, vrij zeldzame, gas-rijke S0-stelsels.

In de loop der jaren zijn er (door andere onderzoekers) vele theoretische modellen gemaakt om het bestaan van S0-stelsels te kunnen verklaren. Deze modellen voorspellen ieder een andere oorsprong en verdere evolutie van het koele HI gas in S0-stelsels. We kunnen nu deze theoretische scenarios gaan vergelijken met de inmiddels waargenomen gedetailleerde verdeling en bewegingen van het HI gas in een aantal S0- en S0/a-type stelsels (zie hoofdstuk 3.5). Men moet echter bedenken dat bepaalde scenarios die niet de waargenomen eigenschappen van het HI gas in de (zeldzame) gas-rijke S0's kunnen verklaren, misschien wél op kunnen gaan voor alle andere, gas-arme, S0-stelsels.

De evolutie-scenarios zijn opgesplitst in twee categorieën: 1.) die waarin het gas uit het stelsel zelf afkomstig is en 2.) die waarin het gas

van buiten af is
serieuze, problemen m
alle waargenomen ei
we, na afweging van d

1. Het 'uitgebra
het HI gas in S0-
overblijfsel is van d
geleden werd gevor
spiraalstelsels waren
in de binnengebieden
stervorming. De dicht
was (en is) echter
kunnen) worden. Het b
van grote ringen,
bevindt. Zoals al is
buitengebieden van
inderdaad vergelijkba

2. Accretie. Het
zijn. Door getijdenw
stelsel dat in de buu
een gas-arm stelsel
waargenomen S0-stelse
geordende manier dat
rond het centrum van
moet zijn. Dat maakt

De hoeveelheid
miljard zonsmassa's
interstellaire gasinh
minste vergelijkbaar
stelsels zijn in i
S0-stelsels te verkla
(niet zo zeldzaam)
mits er een kandidaat
hoofdstuk 2.6 worden
misschien ook nu nog

In de meeste geva
plaats gevonden, is

van buiten af is ingevangen. De meeste scenarios hebben, meer of minder serieuze, problemen met het geven van een gedetailleerde verklaring voor alle waargenomen eigenschappen van het HI gas. Er zijn twee scenarios waar we, na afweging van de voor- en nadelen, de voorkeur aan geven:

1. Het 'uitgebrande-schijf' scenario. In dit model neemt men aan dat het HI gas in SO-stelsels, dat op dit moment nog wordt waargenomen, een overblijfsel is van de oer-gaswolk waaruit het stelsel zo'n 15 miljard jaar geleden werd gevormd. Men denkt dat SO-stelsels een speciaal soort spiraalstelsels waren, waarin, misschien al kort na hun ontstaan, het HI gas in de binnengebieden is opgebruikt bij een (bijzonder effectief) proces van stervorming. De dichtheid van het gas in de buitendelen van deze stelsels was (en is) echter zo gering, dat daaruit geen sterren gevormd konden (en kunnen) worden. Het buitenste HI gas is daarom nu nog aanwezig in de vorm van grote ringen, buiten het zichtbare stelsel waarin zich geen gas meer bevindt. Zoals al is opgemerkt, zijn de gemiddelde HI gasdichtheden in de buitengebieden van SO- en spiraalstelsels met uitgebreide gasschijven inderdaad vergelijkbaar, hetgeen voor dit scenario pleit.

2. Accretie. Het HI gas kan ook van buiten het SO-stelsel afkomstig zijn. Door getijdenwerking kan gas worden ingevangen van een ander gas-rijk stelsel dat in de buurt komt (dit noemt men accretie). Op deze manier kan een gas-arm stelsel gas-rijk worden (en omgekeerd). Echter, het gas in de waargenomen SO-stelsels is vrij regelmatig verdeeld en beweegt op zo'n geordende manier dat het gas er toch al vrij lang (minstens een paar omlopen rond het centrum van het stelsel, d.w.z. een paar miljard jaar) aanwezig moet zijn. Dat maakt het moeilijk om het donor-stelsel terug te vinden.

De hoeveelheid HI gas die nu in sommige SO's wordt gevonden (een miljard zonsmassa's of meer) komt echter overeen met de volledige interstellaire gasinhoud van een redelijk groot gas-rijk sterrenstelsel (ten minste vergelijkbaar met de Grote Magelhaanse Wolk). Dit soort grote stelsels zijn in i.h.a. dun gezaaid in het heelal. Om de gas-rijke SO-stelsels te verklaren kan men dus niet volstaan met accretie vanaf een (niet zo zeldzaam) dwergstelseltje. Een accretie-scenario kan dus werken, mits er een kandidaat voor de overdracht van HI gas aanwezig is geweest. In hoofdstuk 2.6 worden waarnemingen besproken waaruit blijkt dat dit proces misschien ook nu nog optreedt.

In de meeste gevallen waarin men vermoedt dat er ooit accretie heeft plaats gevonden, is het echter moeilijk om een bepaald stelsel in de buurt

van de S0 aan te wijzen waarvan het gas oorspronkelijk afkomstig is. Zo'n stelsel kan zich in een paar miljard jaar al weer ver van de S0 verwijderd hebben en de gevolgen van het plotselinge gasverlies in het stelsel hoeven inmiddels niet meer merkbaar te zijn. Dat wil natuurlijk nog niet zeggen dat er geen accretie zou kunnen hebben plaatsgevonden. Een klein stelseltje zou zelfs in zijn geheel door een groter S0-stelsel opgeslokt kunnen zijn zonder dat we daar nu nog iets van merken.

Hoewel het, met de voorhanden zijnde waarnemingsgegevens, moeilijk blijkt te zijn om een duidelijke keuze tussen deze twee evolutie-scenarios voor de oorsprong van het HI gas in S0-stelsels te maken, geven we de voorkeur aan het accretie-scenario. Ook andere, minder waarschijnlijke, scenarios (of combinaties van scenarios) zouden misschien onder speciale omstandigheden van toepassing kunnen zijn.

Literatuur

Cambridge Encyclopedie van de Astronomie, eindred. S. Mitton;

Romen, Bussum, 1978

Moderne Sterrenkunde, red. N. de Kort en H. van der Laan; St. Teleac, 1981

The Hubble Atlas of Galaxies, A. Sandage; Carnegie Institute of Washington

Publication no. 618, 1961

1. Een (Sc-type) st
sterren zijn duidelijk

2. Een (Sb-type) spira
van donker stof in het